

Створення енергоефективної резонансної установки для сертифікаційних випробувань вітчизняних кабелів з сучасною ізоляцією на високі та надвисокі напруги

Создание энергоэффективной резонансной установки для сертификационных испытаний отечественных кабелей с современной изоляцией на высокие и сверхвысокие напряжения

Creation of resonant energy-efficient installation for the certification tests of domestic cables with modern insulation on high and ultra-high voltages

1. Номер державної реєстрації 0114U000580

2. Науковий керівник - д.т.н., проф. Щерба А.А., Щерба А.А., Shcherba Anatolii A.

3. Суть розробки, основні результати.

(укр.)

Розроблено електричні схеми і технічні рішення, які покращують технологію формування низькочастотних надвисоких напруг (до 500 кВ) для сертифікаційних випробувань енергетичних кабелів із сучасною полімерною ізоляцією на напруги до 330 кВ.

Схеми і рішення базуються на практичній реалізації у випробувальній установці силового послідовного резонансного контуру з регульованою прецизійною добротністю ($Q \approx 40$), що забезпечує формування резонансних випробувальних напруг із нестабільністю $\leq 1\%$.

Створено математичну і фізичну моделі випробувальної установки та методику визначення умов, які забезпечують параметричну стійкість установки до критичних режимів електричного пробою ізоляції випробувального кабелю чи іншого елементу розрядного контуру. Визначено оптимальні режими кваліфікаційних випробувань надвисоковольтних кабелів зі зшитю поліетиленовою ізоляцією та допустимі діапазони змінення таких режимів, при яких електрична потужність, що споживається від мережі електроживлення, є у 20-40 разів меншою від потужності, яку пропускає випробувальний кабель.

Прецизійне регулювання випробувальної напруги, параметричний захист установки і мережі електроживлення від критичних режимів при пробі електричної ізоляції випробувального кабелю та ефективне обмеження сторонніх високочастотних впливів забезпечують вимірювання рівня часткових розрядів (ЧР) у ізоляції кабелю з точністю ± 1 пК.

(рос.)

Разработаны электрические схемы и технические решения, которые улучшают технологию формирования низкочастотных сверхвысоких напряжений (до 500 кВ) для сертификационных испытаний энергетических кабелей с современной полимерной изоляцией на напряжения до 330 кВ.

Схемы и решения базируются на практической реализации в испытательной установке силового последовательного резонансного контура с регулируемой прецизионной добротностью ($Q \approx 40$), что обеспечивает формирование резонансных испытательных напряжений с нестабильностью $\leq 1\%$.

Создана математическая и физическая модели испытательной установки и методика определения условий, обеспечивающих параметрическую устойчивость установки к критическим режимам электрического пробоя изоляции испытательного кабеля или иного элемента разрядного контура. Определены оптимальные режимы квалификационных испытаний сверхвысоковольтных кабелей со сшитой полиэтиленовой изоляцией и допустимые диапазоны изменения таких режимов, при которых электрическая мощность, потребляемая от сети электропитания, в 20-40 раз меньше мощности, которую пропускает испытательный кабель.

Прецизионное регулирование испытательного напряжения, параметрическая защита установки и сети электропитания от критических режимов при пробое электрической изоляции испытательного кабеля и эффективное ограничение посторонних высокочастотных воздействий обеспечивают измерение уровня частичных разрядов (ЧР) в изоляции кабеля с точностью ± 1 ПК.

(англ.)

Electric circuit diagrams and technical solutions, which improve technology formation of low-frequency ultrahigh voltages (up to 500 kV) for certified tests of power cables with modern polymeric insulation on voltages to 330 kV are developed.

Circuit diagrams and solutions are based on practical realization of a power series resonant contour with adjustable precision Q-factor ($Q \approx 40$) in the test installation that provides formation of resonant test voltages with instability ≤ 1 %.

It is created the mathematical and physical models of the test installation as well as a technique of definition of the conditions providing parametrical stability of installation to critical modes of electric breakdown of insulation of a test cable or other element of a discharge circuit. It is determined the optimal modes of qualifying tests for ultrahigh-voltage cables with cross-linked polyethylene insulation and admissible change ranges such modes, at which the electric power consumption from supply network is less in 20-40 times than power, which test cable transmits.

Precision regulation of test voltage, parametrical defense of installation and network of power supply from critical modes at breakdown of test cable insulation as well as effective restriction of extraneous high-frequency influences provide measurement of level of partial charges in cable insulation with accuracy ± 1 picocoulomb.

1. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності.

– Патент UA № 88863, Україна. Спосіб цифрового виміру напруги нульової послідовності трифазної мережі / А.А. Щерба, Д.К. Маков. – Опубл. 10.04.2014. – Бюл. № 7.

– Патент UA № 87501, Україна. Силовий кабель надвисокої напруги / В.М. Золотарьов, В.П. Карпушенко, Ю.П. Антонець, Л.Г. Василець, А.К. Шидловський, А.А. Щерба, О.Д. Подольцев. – Опубл. 27.07.09. – Бюл. № 14.

– Патент UA № 84465, Україна. Спосіб отримання монолітного нітриду титану / Г.С. Монастирський, Ошан Патрік (FR), Ю.М. Коваль, А.А. Щерба. – Опубл. 25.10.2013. – Бюл. № 20.

2. Порівняння зі світовими аналогами.

Результати відповідають світовому рівню, а підходи до параметричного захисту установки і мережі електроживлення від електричних пробивів ізоляції випробувального кабелю й ефективного обмеження сторонніх високочастотних впливів, що забезпечує вимірювання рівня ЧР у ізоляції кабелів з точністю ± 1 пК, не мають аналогів у світовій практиці випробування надвисоковольтних кабелів.

3. Економічна привабливість для просування на ринок

Застосування резонансних високочастотних електричних схем і технічних рішень для прецизійного регулювання низькочастотних надвисоких напруг (до 500 кВ) при випробуванні надвисоковольтних кабелів (до 330 кВ) із сучасною полімерною ізоляцією дозволяє значно знизити собівартість таких випробувань і ймовірність відкладеного погіршення ізоляції за рахунок:

- зменшення у 20 – 40 разів струмів, що споживаються від мережі електроживлення випробувальною установкою, і відповідно втрат електроенергії в її активних елементах;
- підвищення на 40 – 60% точності вимірювання рівня ЧР в ізоляції кабелів;
- підвищення у 5-10 разів стійкості 70% елементів випробувальної установки до режимів електричного пробиву ізоляції випробувального кабелю чи іншого елемента розрядного контуру та зменшення у 20 – 40 разів напруги на більшості елементів випробувальної установки.

4. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, підприємства, організації).
Технології практичних випробувань ізоляції високовольтних електротехнічних приладів у організаціях теплоенергетичної, машинобудівної та металургійної галузей промисловості.

5. Стан готовності розробки.

Електричні схеми, технічні рішення і методики розрахунку оптимальних режимів формування резонансних напруг промислової частоти перевірено на установці заводу "Південкабель" (м. Харків), яка використовується для випробувань вітчизняних високовольтних кабелів за нормами СОУ-Н ЕЕ 20.304:2009. На даний час ця установка вже більше 5 років забезпечує потреби вітчизняного ринку на проведення нормованих випробувань силових кабелів на напруги до 110 кВ.

6. Існуючі результати впровадження.

Отримані результати впроваджено на заводі "Південкабель" у промислове виробництво вітчизняних надвисоковольтних кабелів зі зшитю поліетиленовою ізоляцією – разом із заводом "Південкабель" (м. Харків) створено енергоефективну резонансну установку для випробувань надвисоковольтних кабелів за нормами СОУ-Н ЕЕ 20.304:2009. На даний час в Україні це єдина випробувальна установка такого класу. Вона може забезпечити потреби вітчизняного ринку на проведення нормованих випробувань силових кабелів на напруги до 330 кВ..

10. Форма участі інвестора *(яка краща форма участі в реалізації результатів проекту інвестора: частка в проекті %, частка від прибутку %, інше)*

11. Обсяг інвестицій *(необхідна для результатів проекту сума інвестицій в доларах США).*

12. Мета інвестицій *(розширення бізнесу, створення нового підприємства, інше).*

13. Назва організації, телефон, E-mail

НТУУ "КПІ", факультет електроенергетики та автоматики, кафедра теоретичної електротехніки, телефон: 406-82-39, E-mail: toe209@gmail.com

14. Фото розробки



Енергоефективна установка для випробувань надвисоковольтних кабелів (до 330 кВ) зі зшитю поліетиленовою ізоляцією на рівень часткових розрядів за нормами СОУ-Н ЕЕ 20.304:2009. Установку виготовлено разом з заводом "ПІВДЕНКАБЕЛЬ" (м. Харків), який забезпечив придбання всього необхідного електротехнічного обладнання і комплектуючих та будівництво спеціальної високовольтної випробувальної лабораторії на території заводу.

На даний час в Україні це єдина випробувальна установка такого класу. Вона може забезпечити потреби вітчизняного ринку на проведення нормованих випробувань силових кабелів на напруги до 330 кВ.

15. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання розробки:

1. Shcherba M.A. Dependences of electric field amplification during water tree branching in solid dielectrics // Proceedings of the IEEE International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS), 2014, Kyiv, Ukraine, pp. 46 – 49.
2. Щерба М.А. Закономерности распределения плотности электрического тока в канале водного тринга в зависимости от его конфигурации // Праці ІЕД НАН України. – 2014. – № 37. – С. 77–82.
3. Щерба М.А. Электрофизическая постановка задачи о расчете сильного электрического поля в полиэтиленовой изоляции с учетом ее нелинейных характеристик // Праці ІЕД НАН України. – 2014. – № 39 – С. 83–92.
4. Щерба М.А. Особенности локального усиления электрического поля проводящими включениями в нелинейной полимерной изоляции // Техн. електродинаміка. – 2015. – № 2 – С. 16–23.
5. Shcherba M.A. The Analysis of Solid Dielectrics Nonlinear Conductivity Influence on a Low-Frequency Electric Field Distribution in them // Proc. of the IEEE International Conference on Computational Problems of Electrical Engineering (CPEE), 2015, Lviv, Ukraine, pp. 185 – 187.
6. Щерба М.А. Математическое моделирование сильных электрических полей в нелинейных и неоднородных диэлектрических средах // Праці ІЕД НАН України. – 2015. – № 40 – С. 115–119.
7. Shcherba A.A., Makov D.K. A Method of Determination of Fundamental Frequency's Symmetric Sequences and Higher Harmonics of Three-Phase Voltage Systems // Proc. IEEE Internat. Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS-2014), June 2-6, 2014, Kyiv, Ukraine, P. 74–76.
8. Щерба А.А., Маков Д.К., Поліщук О.В. Визначення коефіцієнта спотворення синусоїдності з використанням фільтрів симетричних складових // Системи обробки інформації. – 2015. – Вип. 6(131). – С. 153–156.
9. Щерба А.А., Супруновская Н.И. Закономерности изменения потерь энергии в RL – цепях, соединяющих конденсаторы, заряженные до разных напряжений. Техн. електродинаміка. – 2015. – № 6 – С. 3–7.
10. Щерба А.А., Шидловский А.К., Золотарев В.М., Подольцев А.Д., Кучерявая И.Н. Кабели с полимерной изоляцией на сверхвысокие напряжения // Монография. Киев: ТОВ "Наш Формат", 2013. – 550 с.

16. Ключові слова до розробки: надвисока напруга, електричне поле, кабель, полімерна ізоляція, випробування, резонанс напруг, частковий розряд.